

CONSTRUCCIÓN DEL CONCEPTO DE ONDA Y DE FENÓMENOS ONDULATORIOS, EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA, UTILIZANDO UN MODELO VIRTUAL

CONSTRUCTION OF THE CONCEPT OF WAVE AND WAVE PHENOMENA IN HIGHSCHOOL STUDENTS USING A VIRTUAL MODEL

HERNANDO TAMAYO

Universidad Santiago de Cali

ALVARO PEREA

Universidad del Valle

WAYNER RIVERA

Universidad del Cauca

RESUMEN

Uno de los aspectos más llamativos es que al utilizar los métodos tradicionales en la enseñanza del concepto ondas se limita a dar conferencias, realizar prácticas experimentales y demostraciones, que proporcionan al alumno un aprendizaje mecánico, basado en la memorización y que no es significativa, debido a su complejidad. Los profesores representan las ondas por medio de diagramas en un tablero, eliminando su carácter dinámico. Cuando se producen las ondas mecánicas con un resorte helicoidal o en un balde, la naturaleza dinámica se demuestra, sin embargo, la dificultad de obtener mediciones precisas de los parámetros de ondas, como la amplitud, longitud de onda, la periodicidad, el cálculo de su frecuencia y la velocidad de propagación. La investigación sobre la complejidad de la construcción de estos conceptos nos lleva a diseñar una propuesta didáctica para ayudar al estudiante en la construcción científica del concepto de ondas. La propuesta tiene por objeto el uso de modelos virtuales de onda que permiten visualizar la naturaleza dinámica de las ondas, la medición de sus parámetros y la interacción del estudiante con el fenómeno para mostrar una relación de causa y efecto. Con este fin, dos plataformas (PhET y el Proyecto Newton) fueron seleccionados, las cuales reproducen las ondas en un ambiente de micro-mundos digitales y modelos virtuales. La aplicación de la propuesta didáctica con un grupo de estudiantes de educación media dio excelentes resultados en la construcción del concepto de ondas y de los fenómenos ondulatorios. Las simulaciones permiten la visualización y comprensión de los modelos físicos de los fenómenos naturales, favoreciendo el aprendizaje en los procesos cognitivos de los estudiantes.

Palabras clave: modelo, plataforma, PhET, Proyecto Newton, ondas, función de onda, TICs

Abstract

One of the most striking aspects is that, using traditional methods, teaching the concept of waves is limited to delivering lectures and performing experimental practices and demonstrations, which provide the student with learning that is rote, mechanical, based on memorizing and rather not significant, on account of its complexity. Teachers represent waves by means of diagrams on a blackboard, eliminating their dynamic nature. When producing mechanical waves with a helicoidal spring or in a bucket with waves, the dynamic nature is demonstrated; however, the difficulty of obtaining precise measurements of the wave parameters such as amplitude, wavelength, periodicity, the calculation of its frequency and speed of propagation, is discovered. Research on the complexity of the construction of these concepts leads us to design a didactic proposal to help the student in the scientific construction of the concept of waves. The proposal is designed using virtual wave models that permit visualizing the dynamic nature of waves, the measurement of their parameters and the interaction of the student with the phenomenon by showing a cause and effect relationship.

For this purpose, two platforms (PhET and Newton Project) were selected, which reproduce the waves under an environment of digital micro-worlds and virtual models.

The application of the didactic proposal with a group of students in middle school produced excellent results in the construction of the concept of waves and of undulatory phenomena. The simulations allow for the visualization and understanding of the physical models of natural phenomena, favoring learning in the students' cognitive processes.

Keywords: model, Platform, PhET, Newton Project, Waves, Wave function, TICs

INTRODUCCION

Usualmente, la enseñanza de la mayoría de los conceptos científicos y, en particular, en el campo de la Física, se encuentra limitado a clases magistrales, prácticas de laboratorio y demostraciones que no aportan al estudiante un aprendizaje significativo debido al comportamiento dinámico que subyace en estos conceptos. Dentro de estos conceptos nos referimos al de onda y los fenómenos ondulatorios propios de este tema. Los profesores representan las ondas en el tablero por medio de diagramas estáticos no permitiendo mostrar su carácter dinámico. Al tratar de hacerlo produciendo ondas mecánicas con un resorte helicoidal o en una cubeta de ondas, se muestra su carácter dinámico pero se descubre la dificultad de obtener medidas precisas de parámetros de onda como son: la amplitud, la longitud de onda, el periodo y del cálculo de su frecuencia y velocidad de propagación.

El objetivo del presente trabajo se encuentra centrado en que el estudiante este en capacidad de identificar, representar y explicar la naturaleza y características de una onda, los fenómenos ondulatorios y el movimiento del medio en que se propaga una onda, utilizando un modelo virtual complementario de la experiencia real.

Esta investigación utiliza las nuevas tecnologías de la información y la comunicación como una herramienta o mediación instrumental para resolver una actividad (construcción del concepto de onda y de fenómenos ondulatorios), hecho que introduce cambios respecto a la motivación y a los procesos cognitivos de los estudiantes a quienes les agrada el manejo de la virtualidad y con quienes se puede llegar a construir otros conceptos utilizando modelos virtuales. Aquí las simulaciones, empleadas en los modelos virtuales, son consideradas instrumentos en el sentido atribuido por la psicología histórico-cultural a los auxiliares utilizados para resolver una actividad. En los trabajos de Vygotsky se plantea una estrecha relación entre actividad y mediación instrumental, a la que le atribuyen como resultado la estructura básica de la cognición (Vygotsky.1979:89 por PEREA, 1999).

REFERENTES EPISTEMOLÓGICOS

Los modelos virtuales establecen una estrecha relación con el modelo cognitivo (GIERE, 1992) debido a que resultan apropiados para ser aplicados en la Ciencia Escolar puesto que establecen una conexión entre los modelos teóricos y las representaciones mentales (modelos) que tienen los estudiantes acerca de los fenómenos naturales.

Dentro de los diferentes modelos de ciencia (el empirismo y neopositivismo; el racionalismo; el constructivismo), se toma el modelo cognitivo de ciencia, como base para fundar la construcción del concepto de onda y de fenómenos ondulatorios por medio de un modelo virtual, teniéndose en cuenta que el modelo cognitivo de ciencia muestra una estrecha relación entre los experimentos, los lenguajes y las teorías científicas y en segundo lugar porque permite fundamentar, epistemológicamente, de manera autónoma, a la Ciencia Escolar en su relación con los estudiantes (Giere, 1992, 1996; Izquierdo et al, 1996, 1999, citado en Perea 1999).

REFERENTES PEDAGÓGICOS Y DIDÁCTICOS

En el proceso de enseñanza el profesor debe actuar como orientador, facilitador o mediador del aprendizaje del estudiante, debe motivar, manifestar intencionalidad, provocar actividades dinámicas y situaciones en las que los estudiantes puedan construir, de construir y reconstruir (hacer aprendizaje significativo) sus propios

conocimientos y valores. Las actividades que proponen el profesor y los materiales didácticos de apoyo que usa no cumplirán su auténtica misión, si el educador no manifiesta esta intencionalidad educativa. Según Vygotsky se deberá acudir a la didáctica y a la mediación instrumental para tener referentes propositivos que le permitan acortar la distancia entre las finalidades educativas y la realidad de sus alumnos, es decir, reducir la ZDP. Es por ello que en este trabajo se presente una concepción de la actividad del profesor, obtenida a la luz de la teoría de la actividad de Vygotsky aplicada por AlekséiNikoláyevichLeontiev.

Para Leontiev, en cualquier actividad humana el sujeto (el profesor), impulsado por sus motivos, actúa sobre el objeto (la dirección del aprendizaje del estudiante) para alcanzar su objetivo (la representación que ha imaginado del producto a lograr). El sujeto planifica la actividad, los procedimientos y los medios que va a utilizar, las condiciones en que se debe realizar y el producto a lograr. Los medios son los instrumentos materiales que posee el sujeto y que emplea en la transformación del objeto, en nuestro caso, el modelo virtual con sus simulaciones. Los productos son los resultados logrados mediante la actividad, en nuestro caso la construcción del concepto de onda y de fenómenos ondulatorios utilizando un modelo virtual.

METODOLOGÍA

La metodología desarrollada está de acuerdo a lo propuesto en la "Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa", (GOETZ y LeCOMPTE, 1988), en donde se aplica la propuesta didáctica, de manera sincrónica, a un grupo homogéneo y diferenciado de estudiantes de grado once, con edades entre los 15 y 17 años, de un colegio privado, coeducativo, tomando como referente el tema de las ondas que se estudia en el primer periodo académico.

Se establecieron las siguientes tres variables para hacerles seguimiento en el curso de la investigación:

- I. Naturaleza y características de una onda.
- II. Movimiento del medio en el cual se propagan las ondas
- III. Fenómenos de onda: reflexión, refracción y difracción e interferencia.

Los estudiantes recibieron tres semanas de clases magistrales apoyadas por demostraciones dinámicas hechas con un resorte helicoidal y un laboratorio con la cubeta de ondas. Después de cubrir el tema de ondas, propuesto en la planeación periódica, se les aplicó a los estudiantes un cuestionario de diagnóstico para medir el grado de apropiación y manejo de las variables establecidas. Simultáneamente se aplicó una encuesta estructurada a profesores de educación media y superior para indagar sobre el uso de modelos y el uso de las TICs, como herramientas didácticas de apoyo en la enseñanza de la Física, ondas en particular. Luego se

desarrolló con los estudiantes la propuesta didáctica como una mediación instrumental y finalmente se obtuvieron los resultados medidos por medio del análisis de un segundo cuestionario de control aplicado al final del estudio, en donde se evaluó el comportamiento y la evolución de las mismas variables.

PROPUESTA

Se eligieron dos plataformas que admiten descargar e instalar sus programas libremente en el computador y que permiten trabajar en línea desde su página Web (para su normal funcionamiento se necesita instalar en el computador el programa Java y el plug-in Descartes para Web 2.0.):

- Plataforma PhET, PhysicsEducationTechnology, desarrollada por University of Colorado. Funciona bajo el ambiente de todos los sistemas operativos (Windows, Mac OS X y Linux), con el programa Java instalado.
- Plataforma Proyecto Newton, desarrollada por el Instituto de Tecnologías Educativas (ITE) - Centro Nacional de Investigación y Comunicación Educativa (CNICE) -Ministerio de Educación,Gobierno de España.

Funciona bajo el ambiente de todos los sistemas operativos (Windows, Mac OS X y Linux), con el programa Java instalado y con el plug-in Descartes Web 2.0, que se ofrece libremente en la misma página. Las plataformas presentan los modelos en forma de simulaciones (*applets*) o herramientas interactivas que permiten a los estudiantes establecer conexiones entre los fenómenos de la vida real y la ciencia subyacente que explica esos fenómenos, usan las analogías para dar sentido a fenómenos desconocidos y sirven para cambiar las formas tradicionales de la participación de los estudiantes en el aula. Las simulaciones presentadas se desarrollan atendiendo a competencias semióticas y están orientadas para ayudar a los estudiantes a visibilizar conceptos científicos debido a que animan lo que es invisible para el ojo y que no son plausibles en el mundo real. Las plataformas presentan un menú que permite la manipulación de sus herramientas interactivas tales como gráficos, controles intuitivos, reguladores, botones de opción e instrumentos de medida (reglas métricas, cronómetros, y multímetros), por medio de los cuales los estudiantes ilustran las relaciones de causa - efecto. Los programas utilizados en las dos plataformas, están diseñados bajo los parámetros de una tecnología virtual, que pretenden introducir a los usuarios dentro de micro mundos digitales. Los micro mundos son un ejemplo de ambientes de aprendizaje activo, en donde los estudiantes deben participar e interactuar con el ambiente en que están inmersos, con el fin de crear su propia visión del tema. (David H. Jonassen, 2000, citado por SANTOS, G y Stipcich, S, 2009).

- El primer paso es acceder a las siguientes páginas (o trabajar desde el programa instalado previamente en el computador): http://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_es.html.

El estudiante debe identificar, reconocer y manejar las herramientas que presenta el panel de control. Una vez conozca el funcionamiento del programa, el estudiante debe producir ondas viajeras (en el modo de oscilación, sin final y sin amortiguación en el panel de control), y por el método interactivo causa-efecto, debe explicar el significado de las características de las ondas y medir algunos de sus parámetros con sus correspondientes unidades de medida.

Los objetivos del laboratorio virtual son: Medir longitudes de onda λ , Medir periodos T , Calcular frecuencias f , Calcular velocidad de onda v , Medir amplitudes A , Establecer la relación entre la frecuencia y la longitud de onda.

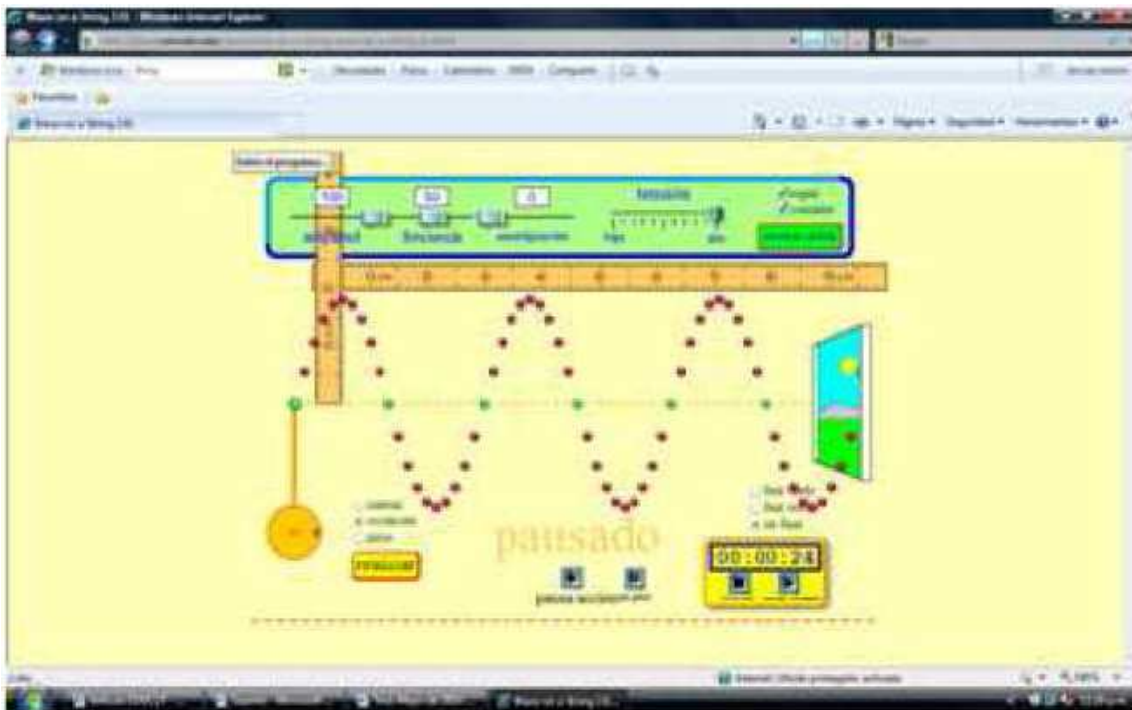


Figura 1. Práctica I.

Ingresa en la página (o trabajar desde el programa instalado previamente en el computador):

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/index.htm.

El estudiante debe identificar, reconocer y manejar las herramientas que presenta el panel de control. Una vez conozca el funcionamiento del programa, el estudiante debe desarrollar el Laboratorio I. (λ , T , f , v , A), ayudado por una guía de trabajo, en donde se recomienda hacer un análisis de errores para cada una de las mediciones.

Al finalizar el trabajo realizado en las dos páginas Web sugeridas, el estudiante debe producir un informe, en parejas, en donde consigne amodo de conclusiones el cumplimiento de los objetivos propuestos.

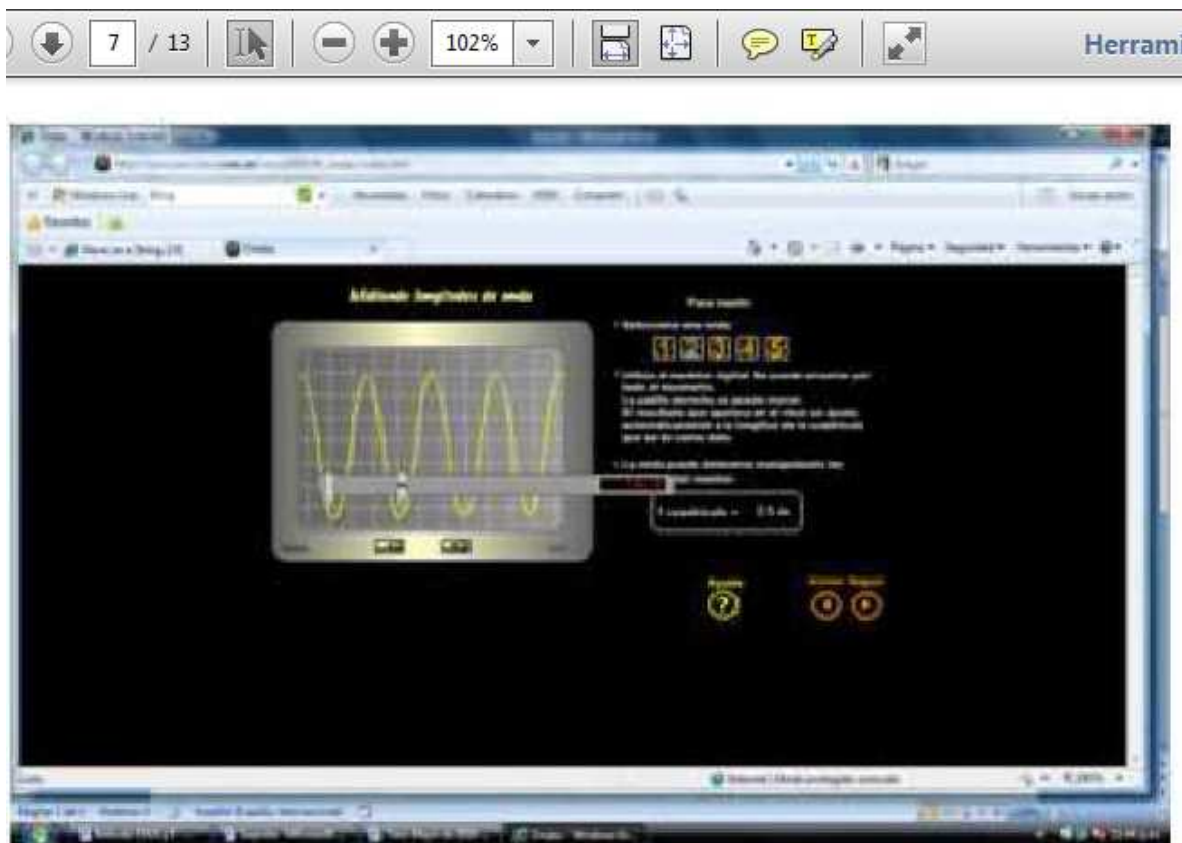


Figura 2. Práctica I y II.

- El segundo paso es acceder a las siguientes páginas (o trabajar desde el programa instalado previamente en el computador):

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/index.htm.

El estudiante desarrolla el Laboratorio II (Reflexión) y posteriormente el Laboratorio III (Refracción), ayudado por una guía de trabajo.

http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/ondas/ondas-interferencia1.htm?2\&0.

El applet representa el fenómeno de la interferencia y se abre dando clic en avanzar. Se realizan las prácticas A1, A2 y A3 siguiendo las consignas que se indican para cada una de ellas.

http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/ondas/

ondas-difraccion1.htm?3&1.

El applet representa la difracción de los frentes de onda y se abre dando clic en avanzar. Se realizan las prácticas A1 y A2, siguiendo las consignas que se indican para cada una de ellas.

Los objetivos del laboratorio virtual son:

Comprender identificar y explicar de manera cualitativa y cuantitativa los fenómenos ondulatorios y la comprobación de dos leyes fundamentales:

Reflexión, Refracción, Difracción, Interferencia, Comprobar la Ley de la reflexión y la ley de Snell.

Al finalizar el trabajo realizado en las tres páginas Web propuestas, el estudiante debe producir un informe, en parejas, en donde consigne a modo de conclusiones el cumplimiento de los objetivos propuestos.

Finalmente, para deducir la ecuación de onda se debe acceder a la página (o trabajar desde el programa instalado previamente en el computador):

http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/MAS/241_mas.html?1&3.

El estudiante debe encontrar la semejanza entre el movimiento armónico simple, M.A.S y el movimiento circular uniforme, M.C.U y de allí debe obtener ecuación que describe dichos movimientos, conocida como la función de onda.

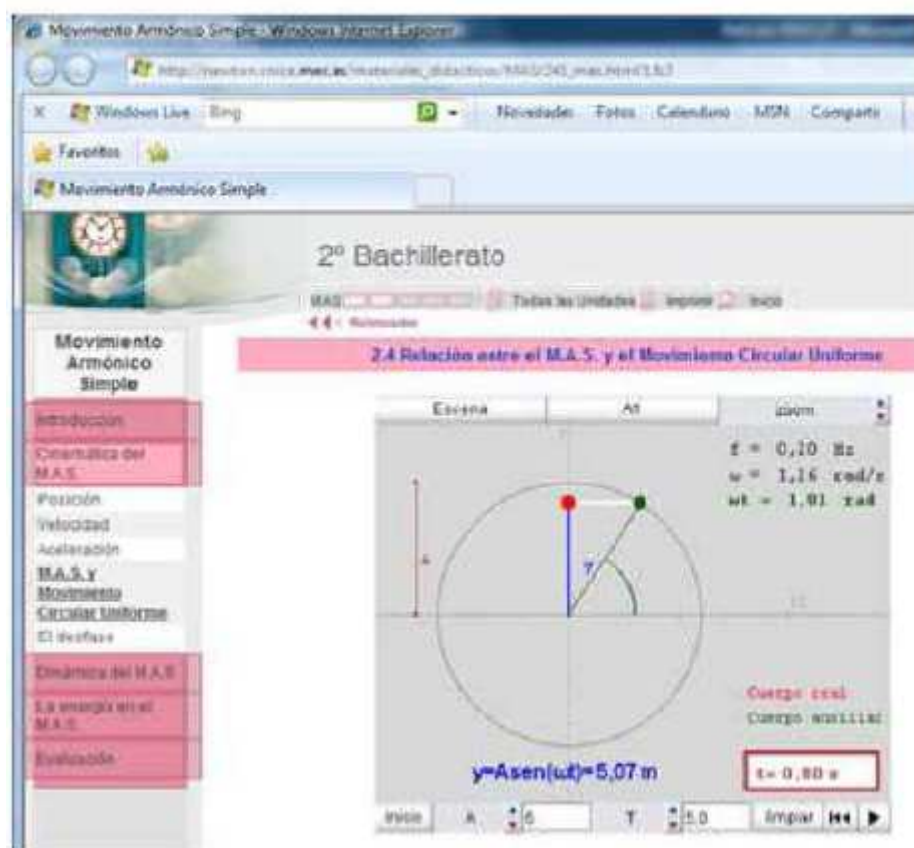
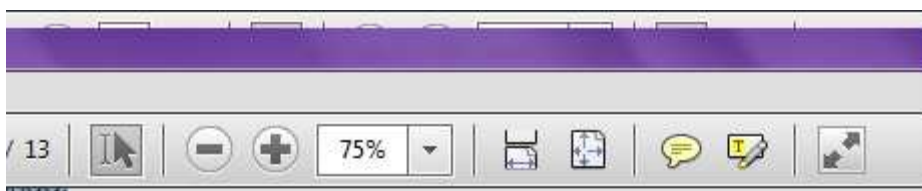


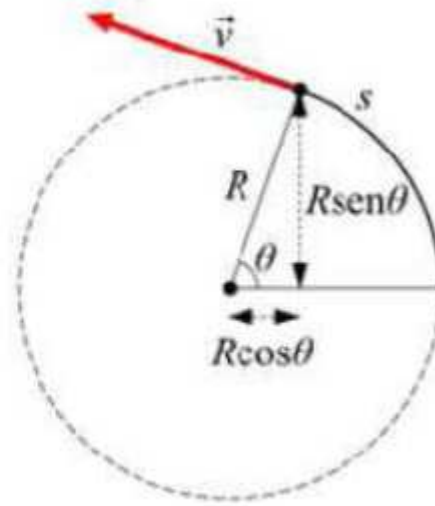
Figura 3. Semejanza entre M.A.S y M.C.U.

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

$$\theta = \omega t$$

$$y = R \sin[\theta] \Rightarrow y = R \sin[\omega t]$$

$$x = R \cos[\theta] \Rightarrow x = R \cos[\omega t]$$



RESULTADOS

En la tabla 1 y la figura 5. Se muestra la evolución que presenta el conjunto de estudiantes, en la construcción de los conceptos contenidos en las variables analizadas en el curso de la investigación. Las tres variables estudiadas muestran un comportamiento satisfactorio en el curso del estudio.

Para el análisis de las variables se fijó una meta de aceptación del 60%, equivalente a una calificación de 3.0 en la escala de 0 a 5.0. Al realizar el estudio, en el cuestionario de control, sobre el grado de interiorización de las tres variables estudiadas, se muestra una deficiencia en las dos primeras ya que no alcanzan el 60% que se propone como meta y la tercera variable, escasamente lo logra.

Los temas que contienen los conceptos en los cuales los estudiantes muestran tener mayor dificultad en su construcción e interiorización, son los referidos al reconocimiento de la existencia de las fuerzas de recuperación (le llaman onda a la ola producida en un estadio de fútbol), a la explicación del movimiento del medio en que se propagan las ondas, especialmente con las ondas longitudinales, y a la identificación del fenómeno de la difracción. Estos tres temas se tratan con particular cuidado en el desarrollo de los laboratorios virtuales.

CONCLUSIONES

El uso de simulaciones, como instrumentos para resolver una actividad (construcción del concepto de onda y de fenómenos ondulatorios), favorece el aprendizaje dado que introduce cambios respecto a la motivación y a los procesos cognitivos de los estudiantes. Aquí, los applets son considerados instrumentos en el sentido atribuido por la psicología histórico-cultural a los auxiliares utilizados

para resolver una actividad. Esta perspectiva brinda elementos teóricos y metodológicos para estudiar de manera holística el aprendizaje de las ciencias, ondas en particular, con tecnología informática como una actividad cognitiva, que bien podría considerarse, producto de una evolución filo y ontogenética, donde el desarrollo histórico cultural del hombre tiene un rol preponderante. En los trabajos de Vygotsky se plantea una estrecha relación entre actividad y mediación instrumental (como muestra el mapa conceptual a continuación), a la que le atribuyen como resultado la estructura básica de la cognición. Habida cuenta de identificar dos tipos de actividad, una orientada externamente y la otra orientada internamente, se distingue entre "herramienta como medio para el trabajo y lenguaje como medio para el intercambio social"(Vygotsky.1979:89). De manera que los sistemas de herramientas y los sistemas de signos no pueden considerarse isomorfos (con la misma estructura), dado que orientan de distinto modo la actividad humana, sino instrumentos que comparten la característica de tener una función mediadora (SANTOS, G y Stipcich, S, 2009)

Los modelos virtuales (applets o simulaciones por computador) se consideran instrumentos que favorecen la construcción de conocimientos, expanden las posibilidades de manipular y transformar los objetos, promueven el desarrollo de funciones psicológicas superiores para interpretar, organizar, planificar, comparar, relatar, seleccionar, tomar decisiones y representar el conocimiento empleando diferentes lenguajes que comprometen competencias cognitivas diversas (SANTOS, G y Stipcich, S, 2009). Interactúan con una simulación, con los pares de la clase, con el docente y con el saber teniendo como finalidad dar respuesta a una actividad implica afrontar una variedad de lenguajes tales como: el tecnológico, el cotidiano que empleará para discutir con sus compañeros y con el docente, el científico (que incluye los términos disciplinares específicos), el algebraico (de las ecuaciones que se pongan en juego) y el gráfico.

El mapa conceptual, mostrado en la figura 5, muestra las funciones de los instrumentos psicológicos. Se inicia con el concepto de instrumento porque Vygotski parte de la analogía de los instrumentos materiales, que transforman la naturaleza y, por tanto, median la actividad del hombre en los procesos de transformación de ella, y los instrumentos psicológicos, que sirven para actuar internamente y no externamente, controlando y transformando los procesos.

De lo anterior precisamos las conclusiones así:

- La metodología utilizada en la investigación es apropiada, debido a que ella conduce a obtener resultados que permiten hacer una propuesta para mejorar la construcción del concepto de onda y de fenómenos ondulatorios.

- Combinar los dos análisis cualitativo y cuantitativo en la investigación muestra ser altamente productivo, puesto que siendo métodos complementarios, permiten dilucidar variables que de otra manera permanecerían ocultas.
- Los estudiantes construyen el concepto de onda a partir de un modelo estático que no les permite visualizar la componente dinámica de las ondas y tampoco interpretar la ecuación que sirve para describir el movimiento ondulatorio: La Función de Onda.
- El utilizar un modelo estático de onda no les permite a los estudiantes identificar sus características (amplitud, v longitud de onda) ni medir los parámetros dinámicos (periodo, velocidad de propagación, cálculo de la frecuencia e identificación de las fuerzas de recuperación), por lo tanto, les dificulta explicar el movimiento del medio en que se propagan las ondas, particularmente el asociado a las ondas longitudinales (un alto porcentaje no identifica la difracción del sonido).
- El 10% de los estudiantes que participan en el estudio no muestran interés por la propuesta didáctica ni tampoco un avance significativo en la construcción de sus conceptos sobre ondas y fenómenos ondulatorios.

REFERENCIAS

- [1] ADÚRIZ-BRAVO, Agustín, GÓMEZ, Adrianna, M`ARQUEZ, Conxita, SANMARTÍ, Neus. La mediación analógica en la ciencia escolar. Propuesta de la "función modelo teórico". Universidad de Buenos Aires – Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, España. 2005.
- [2] AGUILAR, T Manuel Francisco, El mapa conceptual y la teoría sociocultural, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, 2006.
- [3] ARRUDA, José Ricardo. Un Modelo Didáctico para Enseñanza Aprendizaje de la Física. Instituto de Física, Universidad de Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 1, Marzo, 2003.
- [4] ANDRÉS, Ma. Maite, PESA, Marta, MENESES, Jesús. Desarrollo conceptual acerca de ondas mecánicas en un laboratorio guiado por el modelo MATLaF. Caracas Venezuela, Tucumán Argentina, Burgos España. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 5 No 2 (2006).
- [5] CHAPARRO CHAVES, Elisa Johanna, GUERRERO, Jobana López, VILLALBACAMPOS Mónica, GARCÍA MARTÍNEZ, Álvaro. Representaciones epistémico cognitivas del concepto ácido-base. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. IIEC, Volumen 1, No. 1, 2006: 60- 68. 2006.

- [6] CHIAPPE LAVERDE, Andrés. Acerca de lo pedagógico en los objetos de aprendizaje-reflexiones conceptuales hacia la construcción de su estructurateórica. Universidad de la Sabana. Bogotá. Estudios Pedagógicos XXXV, No 1:261-272. 2009.
- [7] D'AVILA ESPINOSA, Sergio. El papel del profesor ante el aprendizaje y la enseñanza. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México 1999. NuevaAlejandría, el Portal de los Educadores, Disponible en:<http://www.nuevaalejandria.com/akademeia/sdavila/aprense.html>
- [8] D'AVILA ESPINOSA, Sergio El aprendizaje significativo. Esa extraña expresión. (utilizada por todos y comprendida por pocos), Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México 2000. Disponible en:http://depa.pquim.unam.mx/amyd/archivero/AUSUBELAPRENDIZAJESIGNIFICATIVO_1677.pdf
- [9] GARCÍA, Luis Ignacio, 2004. "Ondas". Centro Nacional de Investigación y Comunicación Educativa (CNICE) - Ministerio de Educación, Portal de la Consejería de Educación y Ciencia del Gobierno del Principado de Asturias España, disponible en:http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/index.htm
- [10] GIERE, Ronald N. La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo. Editorial: Concejo Nacional de ciencia y tecnología, México. 1992.
- [11] GOETZ, Judith-LeCOMPTE, Margaret. Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa. Editorial: Morata. Madrid. 1988.
- [12] GOBIERNO DE ESPAÑA, Ministerio de Educación, Instituto de Tecnologías Educativas (ITE), Centro Nacional de Investigación y Comunicación Educativa (CNICE). Proyecto Newton, taller abierto de creación de recursos interactivos para la enseñanza de la Física. España. 2010.
- [13] ICFES, Examen de estado de la calidad de la educación superior, pruebas realizadas en los años 2003 a 2006.
- [14] MANCINI, Luis Leonardo - MARTINEZ, María Sandra. Nuevos enfoques sobre la enseñanza. Estrategias para una práctica pedagógica eficaz. Primera edición. Editorial: Ediciones Santillana S.A. 2004.
- [15] MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, República de Colombia. Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Serie guías No 7. 2004.

[16] MIRANDA, Andrea, Análisis semiótico en el diseño de simulaciones para aprender ciencias. Una perspectiva desde la tríada de Peirce. Revista Electrónica Razón y Palabra, ISSN 1605-4806, No. 63, México, 2008.

[17] PEREA, Álvaro. Razonamientos de estudiantes de secundaria sobre los procesos de cambio". Tesis Doctoral. Directora: Mercé Izquierdo i Aymerich. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra, Barcelona. 1999.

[18] SANTOS, Graciela, STIPCICH Silvia. Múltiples representaciones en los applets: una alternativa para la apropiación de los códigos básicos en ciencia y tecnología. Revista Electrónica Razón y Palabra, ISSN 1605-4806, No. 69, 2009 México. 2009.

[19] UNIVERSIDAD DE COLORADO, Physics Education Technology (PhET) University of Colorado at Boulder, Interactive Science Simulations, Sound & Waves, <http://phet.colorado.edu/simulations/>. 2010.

[20] VIAFARA ORTIZ, Robinson. La relación entre la educación en ciencias y las NITC a través del diseño, desarrollo y aplicación de un programa educativo multimedia. Universidad del Valle, Educación en Ciencias y Tecnología. El Hombre y la Máquina No 26. Universidad Autónoma de Occidente. 2006.

[21] VIDAL CASTAÑO, Gonzalo. La actividad del profesor. Universidad de la Habana. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Universidad Autónoma del estado de México. 2005. Disponible en: <http://www.educar.org/articulos>.

[22] ZAMORA B, Jesús P. El naturalismo científico de Ronald Giere y Philip Kitcher. Un ensayo de comparación crítica. Universidad Carlos III, Madrid. 2000.

CIBERGRAFÍA

1. http://phet.colorado.edu/sims/wave-on-a-string/wave-on-a-string_es.html
2. http://newton.cnice.mec.es/newton2/Newton_pre/index.html
3. http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/MAS/241_mas.html?1&3
4. http://concurso.cnice.mec.es/cnice2005/56_ondas/index.htm
5. http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/ondas/ondas-transversales1.htm?1&0
6. http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/ondas/ondas-longitudinales1.htm?1&1
7. http://recursostic.educacion.es/newton/web/materiales_didacticos/ondas2/ondas-objetivos.html